

Entradas, Saída e Interrupções Programadas



APRESENTAÇÃO

Os dispositivos de entrada e saída (E/S) são essenciais para a interação dos usuários ou do meio externo com o computador. Existe toda uma lógica com padrões que permite a comunicação entre esses dispositivos com processador e memória, a fim de processar de maneira adequada e eficaz os dados, além de apresentá-los após processamento para os usuários ou meio externo.

Nesta Unidade de Aprendizagem, você estudará as características dos dispositivos de E/S, esclarecendo como funciona a comunicação entre os dispositivos e apresentando exemplos de dispositivos de E/S.

Bons estudos.

Ao final desta Unidade de Aprendizagem, você deve apresentar os seguintes aprendizados:

- Descrever arquitetura de E/S.
- Listar dispositivos de entrada e saída.
- Diferenciar E/S programada e por interrupções.



INFOGRÁFICO

Um barramento típico é constituído de linhas de dados, linhas de endereços, linhas de controle e linhas de energia. Essas linhas, também chamadas de vias, são responsáveis por entregar as informações necessárias para o funcionamento dos barramentos.

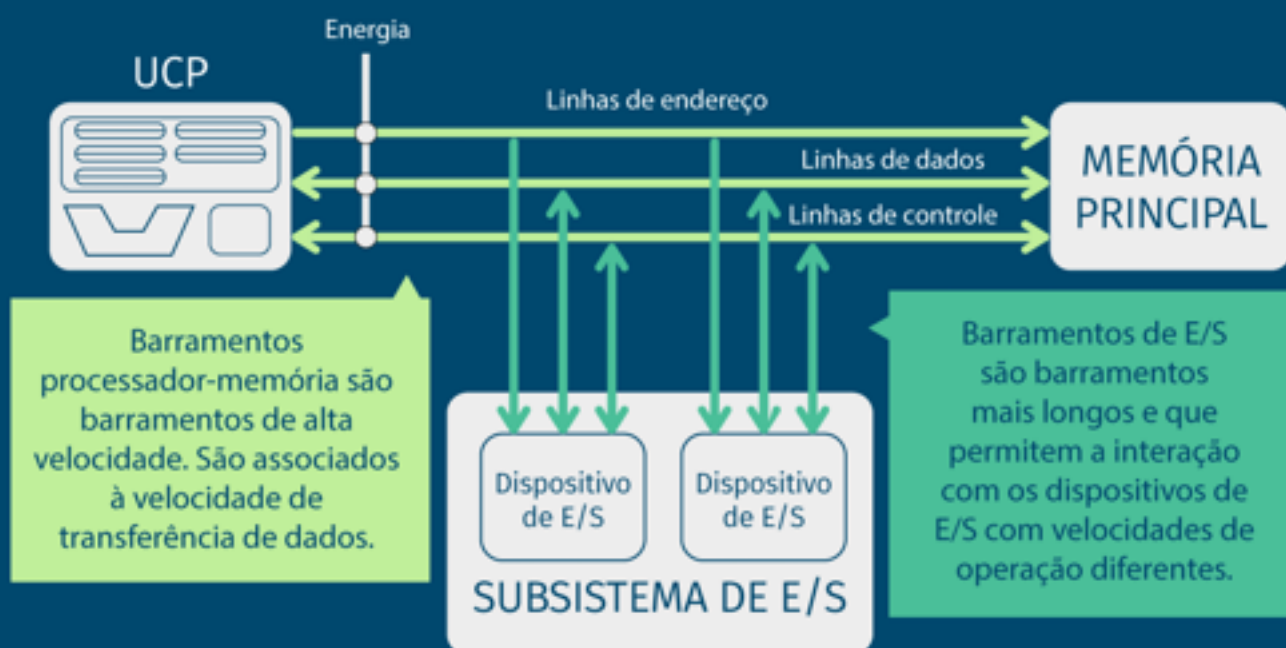
Neste infográfico, você vai ver um diagrama dos componentes de um barramento típico, assim como os dois principais barramentos.

OS COMPONENTES DE UM BARRAMENTO TÍPICO

Como os barramentos transportam diferentes tipos de informação para diferentes dispositivos, os barramentos são divididos em 2 diferentes tipos:

BARRAMENTO PROCESSADOR-MEMÓRIA

BARRAMENTOS DE E/S



CONTEÚDO DO LIVRO

São considerados dispositivos de entrada e saída os dispositivos encarregados de enviar informações a serem processadas pelo computador ou apresentar informações que já foram processadas. Esses dispositivos fazem parte da arquitetura de John von Neumann, o qual procura explicar as principais partes de um computador. O funcionamento da comunicação entre esses dispositivos é de extrema importância, tendo algumas características específicas.

No capítulo Entradas, saídas e interrupções programadas, da obra *Arquitetura e organização de computadores*, base teórica desta Unidade de Aprendizagem, você vai conhecer as principais

características relacionadas à arquitetura de E/S, assim como a comunicação dos dispositivos de entrada e saída.

Boa leitura.



ARQUITETURA E ORGANIZAÇÃO DE COMPUTADORES

Ramiro Córdova Júnior

Entradas, saídas e interrupções programadas

Objetivos de aprendizagem

Ao final deste texto, você deve apresentar os seguintes aprendizados:

- Descrever arquitetura de E/S.
- Listar dispositivos de entrada e saída.
- Diferenciar E/S programada e por interrupções.

Introdução

Um computador realiza diversas tarefas distintas, e uma das mais importantes é permitir a interação com o meio externo. Nesse contexto, existe a teoria que envolve o funcionamento dos periféricos de um computador, que diz respeito ao controle das atividades de entrada e saída (E/S). A partir do controle dessas atividades, equipamentos que permitem a entrada de dados ou apresentam os dados já processados têm o seu funcionamento simplificado e com alguns padrões de comunicação estabelecidos. O gerenciamento dessas atividades tem uma relação direta com características de *hardware*, pois existem controladores específicos para as atividades de E/S.

Neste capítulo, você vai estudar o funcionamento básico dos dispositivos de E/S, além de conhecer diversos dispositivos e suas categorias. Você também vai verificar algumas técnicas que permitem definir o funcionamento das transferências de dados entre dispositivos E/S e a CPU.

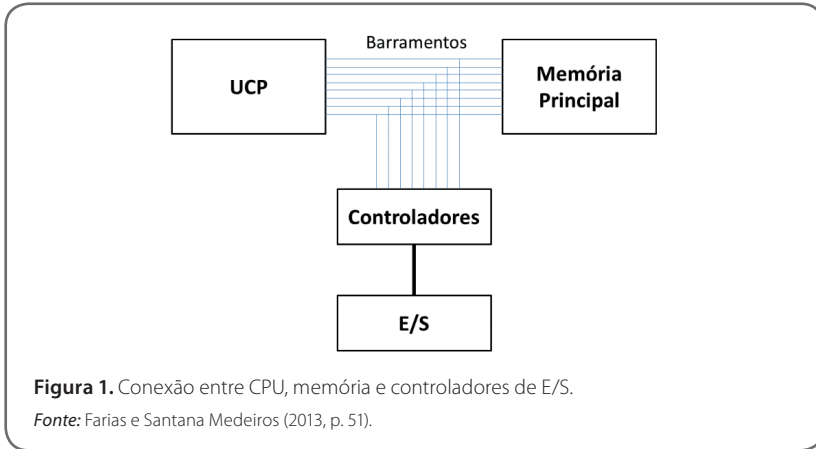
Dispositivo de entrada e saída

Os dispositivos de entrada e saída (E/S) auxiliam no propósito básico de um computador, que é a resolução de problemas, pois são os mecanismos que permitem a comunicação entre os usuários e o computador, ou a comunicação entre os computadores. A categorização desses dispositivos se dá levando em

consideração o sentido da comunicação. Sendo assim, os mesmos são classificados como dispositivos de entrada — que permitem a entrada de dados para a etapa de processamento — e dispositivos de saída — que atuam na entrega dos dados processados. Dispositivos de entrada, que serão exemplificados mais adiante, permitem inserir dados no computador. Já os dispositivos de saída permitem obter informações do computador, conforme Oliveira, Carissimi e Toscani (2009).

Esses dispositivos não são conectados diretamente à CPU. Em vez disso, existe uma interface que realiza as transferências de dados. Essa interface converte os sinais do barramento do sistema para um formato aceitável pelo dispositivo especificado. A CPU se comunica com esses dispositivos externos via registradores de E/S, e essa transferência de dados é realizada de duas maneiras. Na E/S mapeada na memória, os registros na interface aparecem no mapa de memória do computador, e não há diferença real entre acessar a memória e acessar um dispositivo de E/S. Essa característica é vantajosa do ponto de vista da velocidade, mas consome espaço de memória no sistema. Com a E/S baseada em instrução, a CPU possui instruções especializadas que executam a entrada e a saída. Embora isso não use espaço de memória, essa ação requer instruções de E/S específicas. Assim, esse modo pode ser usado apenas por CPUs que podem executar essas instruções específicas. As interrupções desempenham um papel muito importante na E/S, porque elas são uma maneira eficiente de notificar a CPU de que a entrada ou a saída está disponível para uso.

Devido à complexidade e à grande variedade de funções dos dispositivos de E/S, é necessário um *hardware* específico, chamado de controlador, para realizar as operações necessários nos dispositivos de E/S. Como os dispositivos de E/S possuem funções muito diferentes, são necessários controladores específicos para a função de cada dispositivo. A Figura 1 apresenta um diagrama com a conexão entre a memória, a CPU e os controladores de dispositivos de E/S.



O meio que interconecta os dispositivos de E/S a um computador é chamado de interface. As interfaces possuem conexão com barramentos, que permitem a comunicação entre o mundo interno e o mundo externo. No que diz respeito ao método de transferência de dados, os dispositivos de E/S são classificados conforme sua interconexão física com as interfaces. Existem dois tipos de transmissão de dados, a paralela e a serial, conforme Stallings (2003). A Figura 2 traz exemplos dos conectores serial e paralelo.



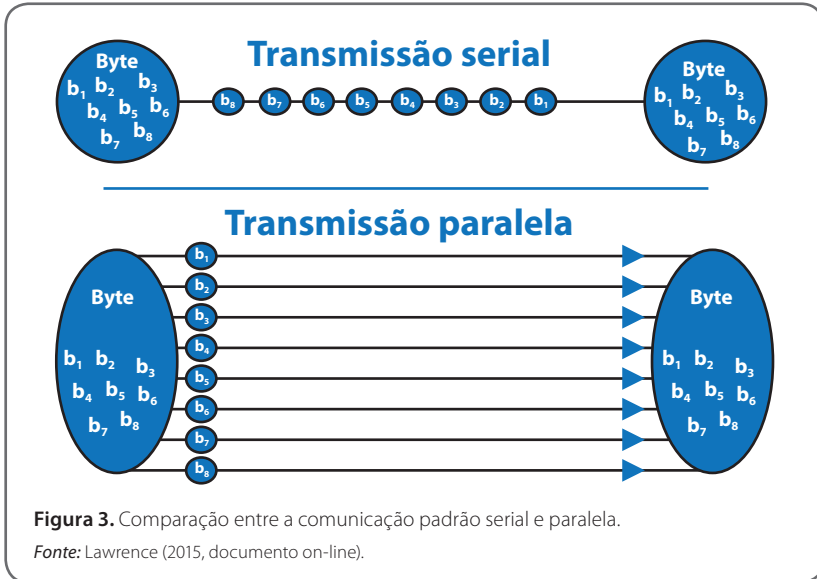
Quando os dados são enviados ou recebidos usando transmissão de dados serial, os *bits* de dados são organizados em uma ordem específica, uma vez que eles só podem ser enviados um após o outro. A ordem dos *bits* de dados é importante, pois determina como a transmissão é organizada quando é

recebida. Esse método é considerado um método confiável de transmissão de dados, porque um *bit* de dados é enviado somente se o *bit* de dados anterior já tiver sido recebido.

A transmissão de dados serial pode ser de dois tipos distintos: assíncrona ou síncrona. No caso da transmissão serial assíncrona, os *bits* de dados podem ser enviados a qualquer momento. Os *bits* de parada e os *bits* de início são usados entre os *bytes* de dados, para sincronizar o transmissor e o receptor e para assegurar que os dados sejam transmitidos corretamente. O tempo entre o envio e o recebimento de *bits* de dados pode ser diferente. A vantagem de se utilizar o método assíncrono é que nenhuma sincronização é necessária entre os dispositivos transmissor e receptor, além de ser mais econômico. Uma desvantagem é que a transmissão de dados pode ser mais lenta, mas isso não é regra.

Já na transmissão serial síncrona, os *bits* de dados são transmitidos como um fluxo contínuo no tempo, sincronizados por um relógio mestre. O transmissor e o receptor de dados operam usando uma frequência de relógio sincronizada. Isso significa que os dados se movem mais rapidamente e os erros de sincronização são menos frequentes, porque o *clock* do transmissor e do receptor é sincronizado. Em comparação com a transmissão serial assíncrona, esse método geralmente é mais caro.

Quando dados são enviados usando transmissão de dados paralela, múltiplos *bits* de dados são transmitidos através de múltiplos canais ao mesmo tempo. Isso significa que os dados podem ser enviados muito mais rapidamente do que usando os métodos de transmissão serial (Figura 3). Como vários *bits* são enviados em vários canais ao mesmo tempo, a ordem em que uma cadeia de *bits* é recebida pode depender de várias condições, como a proximidade da fonte de dados, a localização do usuário e a disponibilidade da largura de banda. Embora a transmissão paralela possa transferir dados mais rapidamente, ela requer mais canais de transmissão do que a transmissão serial. Isso significa que os *bits* de dados podem estar fora de sincronia, dependendo da distância de transferência e da velocidade de carregamento de cada *bit*.



Tipos de dispositivos de E/S

Os dispositivos de entrada são aqueles utilizados para a entrada de dados a serem processados na etapa de processamento. O dispositivo de entrada mais comum é o teclado, que permite ao usuário digitar as informações necessárias para a operação de um computador. Além do teclado, existem outros dispositivos de entrada bastante utilizados, como:

- *mouse*;
- *scanner*;
- *microfone*;
- *webcam*; e
- *joystick*.

Entre os dispositivos de saída, que são aqueles que apresentam informações que já foram processadas, o mais comum é o monitor. Além do monitor, existem outros dispositivos de saída bastante utilizados:

- *impressora*;
- *plotter*;

- alto-falante.

Na Figura 4 podemos ver exemplos de dispositivos de entrada e saída. Na interseção entre os dois conjuntos estão dispositivos considerados mistos, pois funcionam tanto como entrada quanto como saída.



Acesso aos dispositivos de E/S

Existem basicamente três métodos utilizados pelos controladores que permitem o acesso aos dispositivos de E/S: E/S programada, interrupções e acesso direto à memória.

E/S programada

A E/S programada é a técnica de E/S mais simples para transferência de dados ou qualquer tipo de comunicação entre o processador e os dispositivos externos. Com a técnica de E/S programada, os dados são trocados entre o processador e o módulo de E/S. O processador executa um programa que lhe dá controle direto da operação de E/S, incluindo o *status* do dispositivo, o envio de um comando de leitura ou a gravação e a transferência dos dados.

Quando o processador envia um comando para o módulo de E/S, ele deve aguardar até que a operação seja concluída. Se o processador for mais rápido do que o módulo de E/S, é gerado um desperdício de tempo do processador.

A técnica de E/S programada possui três variações diferentes: modo bloqueado, *polling* e interjeição. No modo bloqueado, após ser iniciada uma comunicação, a CPU fica ocupada até o encerramento da operação. Nesse caso, a CPU acaba sendo subutilizada, porque os dispositivos são muito mais lentos do que a CPU. Para realizar uma operação relacionada à E/S, o processador envia um endereço, especificando o módulo E/S específico, o dispositivo externo e um comando de E/S. São quatro os tipos de comandos de E/S que um módulo de E/S pode receber quando é endereçado por um processador, descritos a seguir:

- **Controle:** usado para ativar um dispositivo e informar o que deve ser realizado. Por exemplo, um monitor pode receber a instrução para enviar para a tela um esquema de definição de cores para os *pixels* que o compõem.
- **Teste:** usado para testar várias condições de *status* associadas a um módulo de E/S e seus periféricos. Esse comando é útil quando o processador necessitar descobrir se o periférico de interesse está ligado e disponível para uso. Ele também desejará saber se a operação de E/S mais recente foi concluída e se ocorreu algum erro.
- **Leitura:** faz com que o módulo de E/S obtenha um conjunto de dados do periférico e o coloque em um *buffer* interno. O processador pode, então, obter o conjunto de dados, solicitando que o módulo de E/S o coloque no barramento de dados.
- **Write:** faz com que o módulo de E/S capture um conjunto de dados do barramento de dados e, logo após, transmita para o dispositivo.

Como vantagem da técnica de E/S programada, pode-se citar a facilidade na implementação; como principal desvantagem está o fato de que o processador tende a ficar ocioso, devido à diferença na velocidade em relação aos dispositivos.

Interrupções

As interrupções de E/S são uma maneira de controlar a atividade de um dispositivo que precisa transferir dados, com o envio de um sinal. Isso fará com que uma interrupção de programa seja definida. As atividades no processador

são interrompidas quando o módulo E/S está pronto; enquanto a interrupção não ocorre, o processador está liberado para realizar outras atividades. As interrupções solicitam a atenção do processador no sentido de que desejam realizar uma rotina específica quando a operação de E/S chegar ao final.

A utilização de interrupções é simples, porém envolve muitos detalhes de *hardware* e *software*. Em função disso, existe um *hardware* específico para gerir essas atividades que envolvem as interrupções: o controlador de interrupções. O controlador de interrupções realiza atividades como a identificação da origem da interrupção, com o objetivo de executar uma rotina específica. O controlador também estabelece as prioridades relacionadas às interrupções, além de definir quais interrupções serão atendidas.

A principal vantagem da técnica de E/S orientada a interrupções é o fato de que o processador tem sua utilização otimizada; ou seja, esse método evita o desperdício de tempo que ocorre com o *polling*. Porém, o processador atua como mediador em todas as transferências.

Acesso direto à memória (*direct memory access*, DMA)

Diferentemente das técnicas de E/S programada e E/S controlada por interrupção, o acesso direto à memória (DMA) é uma técnica para transferir dados dentro da memória principal e do dispositivo externo, sem passar pela CPU. O DMA é uma maneira de melhorar a atividade do processador e a taxa de transferência de E/S, assumindo o trabalho de transferir dados do processador e permitindo que o processador execute outras tarefas.

Essa técnica supera as desvantagens das outras duas técnicas de E/S, que são o processo demorado ao emitir o comando para transferência de dados e amarrar o processador na transferência de dados enquanto o processamento de dados é negligenciado. É mais eficiente usar o método DMA quando um grande volume de dados precisa ser transferido. Para que o DMA seja implementado, o processador precisa compartilhar seu barramento de sistema com o controlador DMA. Portanto, o controlador DMA deve usar o barramento apenas quando o processador não precisar dele ou forçar o processador a suspender a operação temporariamente.

Quando o processador deseja ler ou enviar um bloco de dados, ele envia um comando para o controlador DMA com algumas informações:

- comando de leitura ou escrita;
- quantidade de palavras a serem lidas ou escritas, informadas nas linhas de dados e armazenadas no registro de contagem de dados;

- localização inicial na memória para leitura ou gravação, enviada em linhas de dados e armazenada no registro de endereços;
- endereço do dispositivo de E/S envolvido enviado pelas linhas de dados.

Depois que as informações são enviadas, o processador continua a realizar outra atividade. O controlador DMA, em seguida, transfere o bloco inteiro de dados diretamente para a memória, sem passar pelo processador. Quando a transferência é concluída, o controlador DMA envia um sinal de interrupção ao processador para informar que ele terminou de usar o barramento do sistema.



Referências

DIFERENÇA. [2019]. Disponível em: <https://cdn.diferenca.com/imagens/dispositivos-0-cke.jpg>. Acesso em: 11 jan. 2019.

FARIAS, G.; SANTANA MEDEIROS, E. *Introdução à computação*. 10. ed. João Pessoa: Editora UFPB, 2013. (Universidade Aberta do Brasil). Disponível em: <http://producao.virtual.ufpb.br/books/camyle/introducao-a-computacao-livro/livro/livro.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2019.

LAWRENCE, D. *Comunicação serial X comunicação paralela: entenda tudo*. 20 jan. 2015. Disponível em: <http://bloghardwaremicrocamp.com.br/tecnologia/comunicacao-serial-x-comunicacao-paralela-entenda-tudo/>. Acesso em: 11 jan. 2019.

OLIVEIRA, R. S.; CARISSIMI, A. S.; TOSCANI, S. S. *Sistemas operacionais*. Porto Alegre: Bookman, 2009.

STALLINGS, W. *Arquitetura e organização de computadores: projeto para o desempenho*. 5. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2003.

Leituras recomendadas

I/O operation. [2019]. Disponível em: <http://inputoutput5822.weebly.com/>. Acesso em: 11 jan. 2019.

NULL, L.; LOBUR, J. *Princípios básicos de arquitetura e organização de computadores*. Porto Alegre: Bookman, 2009.

TANENBAUM, A. S.; WOODHULL, A. S. *Sistemas operacionais: projetos e implementação*. Porto Alegre: Bookman, 2009.

Encerra aqui o trecho do livro disponibilizado para esta Unidade de Aprendizagem. Na Biblioteca Virtual da Instituição, você encontra a obra na íntegra.

Conteúdo:



SOLUÇÕES
EDUCACIONAIS
INTEGRADAS



DICA DO PROFESSOR

No dia a dia dos usuários de computador ocorrem interações com o sistema operacional por meio de dispositivos de entrada e saída. Por meio de dispositivos como *mouse*, teclado, monitor e impressoras, por exemplo, é possível enviar e receber informações processadas (ou para serem processadas) para o computador.

Nesta Dica do Professor, você vai conhecer o gerenciamento de entrada e saída.

Conteúdo interativo disponível na plataforma de ensino!



EXERCÍCIOS

- 1) **Protocolos de comunicação são utilizados em muitas áreas da tecnologia, pois possibilitam o transporte de informação entre dispositivos, estabelecendo regras e convenções que regem o funcionamento de diferentes comunicações.**

No que se refere aos protocolos de comunicação serial e paralelo, qual a principal diferença entre eles?

- A) Na comunicação serial são enviados vários *bits* ao mesmo tempo, enquanto na comunicação paralela os *bits* trafegam um por vez.
- B) Não existe diferença, pois ambos permitem o tráfego de vários *bits* ao mesmo tempo.
- C) Na comunicação serial é enviado um *bit* por vez, enquanto na comunicação paralela é possível enviar mais de um *bit* ao mesmo tempo.
- D) Não existe diferença, pois tanto na comunicação serial quanto na comunicação paralela, é enviado apenas um *bit* por vez.
- E) A comunicação serial é indicada para comunicação entre dispositivos que necessitam de

altas taxas de transferência.

- 2) O sistema operacional necessita receber instruções dos dispositivos de E/S, processá-las e, a partir de então, iniciar a conversação com o periférico.

Entre as respostas a seguir, qual representa o nome dos programas que são responsáveis pela comunicação entre o sistema operacional instalado no computador e o *hardware* que está conectado a ele?

- A) Sensores de E/S.
 - B) *Drivers*.
 - C) Algoritmos de E/S.
 - D) *Slots* de expansão.
 - E) *Softwares* aplicativos.
- 3) Também chamados de periféricos, os dispositivos são componentes de *hardware* do computador que possibilitam a interação entre o usuário e a máquina. Por meio desses periféricos, o computador pode armazenar, ler, transmitir e receber dados. Existem os periféricos de entrada, que são utilizados para enviar informações a serem processadas e os periféricos de saída, que apresentam informações já processadas. Existe também um conjunto de periféricos considerados de uso misto, ou seja, podem fornecer informações a serem processadas ou receber informações já processadas.

Entre os periféricos listados a seguir, qual deles pode ser considerado de uso misto?

- A) *Scanner*.

B) Impressora.

C) *Mouse*.

D) *Pen-drive*.

E) Teclado.

4) **O acesso aos dispositivos de entrada e saída deve ser gerenciado por um controlador, a fim de garantir que o processador consiga realizar as operações de leitura e escrita de dados via interface. Existem algumas técnicas que permitem essa interação entre o processador e o controlador.**

Entre as técnicas citadas a seguir, qual delas tem toda interação entre o processador e o controlador como sendo responsabilidade exclusiva do programador?

A) E/S programada.

B) E/S controlada.

C) Mecanismo de interrupções.

D) Acesso direto à memória.

E) *Drivers* de dispositivos.

5) **Geralmente, o único componente que acessa a memória RAM é o processador. Sendo assim, qualquer tipo de transferência de dados passa pelo processador, ou seja, ele controla e monitora todo fluxo de dados. Isso aumenta o tempo de resposta que consequentemente afeta o desempenho no acesso aos dispositivos de E/S.**

Qual é a técnica de acesso aos dispositivos que auxilia na *performance*, com o objetivo

de sanar esse problema?

- A) E/S programada.
- B) E/S controlada.
- C) Acesso direto à memória.
- D) Comunicação síncrona.
- E) Mecanismo de interrupções.

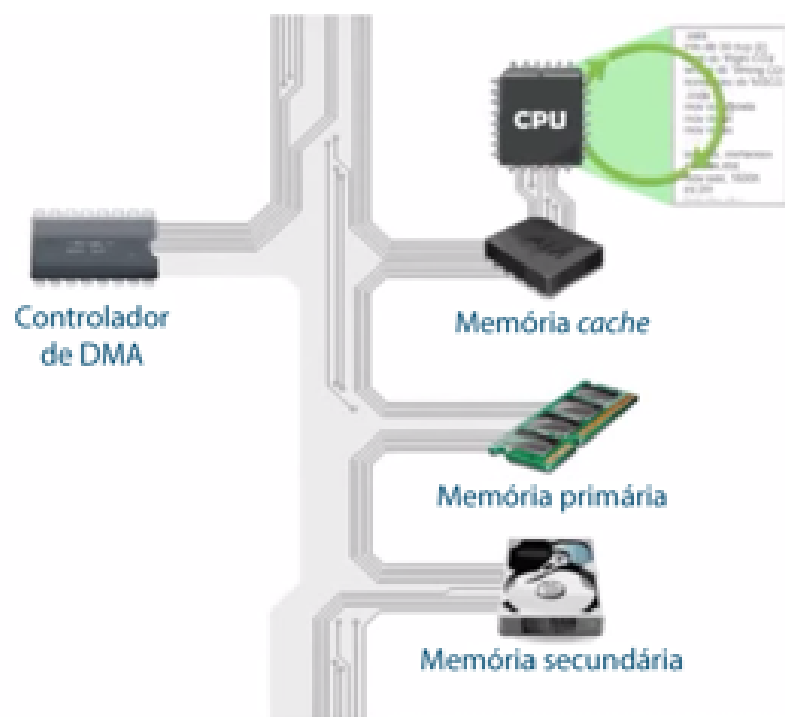


NA PRÁTICA

O acesso direto à memória (DMA) é uma técnica que visa melhorar a *performance* do computador, permitindo que os periféricos transmitam dados diretamente para a memória, poupando o processador de mais essa tarefa.

Neste Na Prática, você vai ver um exemplo de funcionamento dessa técnica.

DMA (DIRECT MEMORY ACCESS)



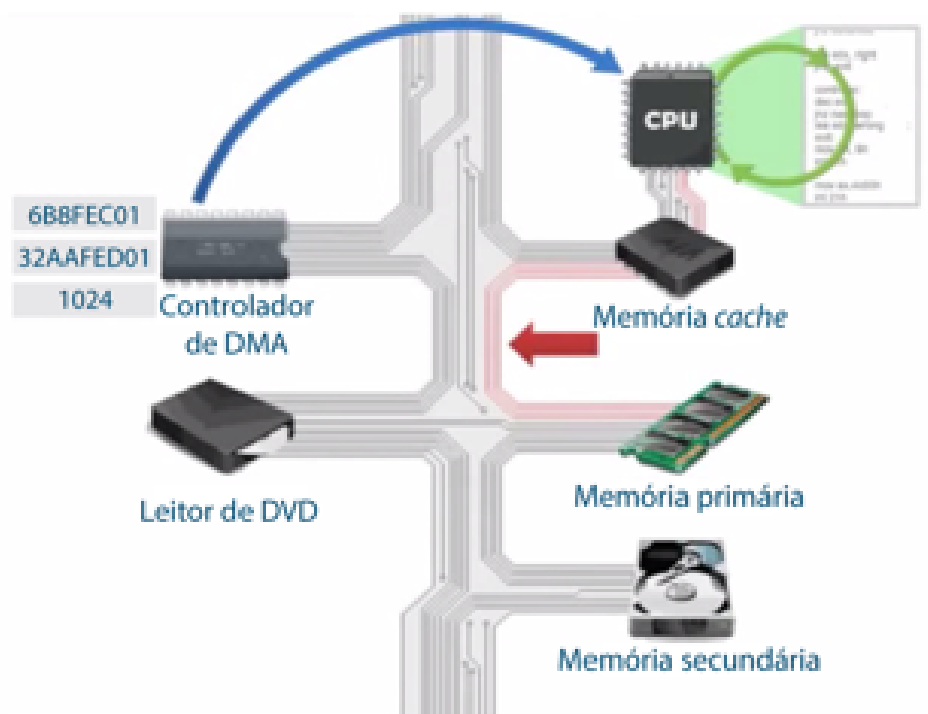
É uma funcionalidade implementada nos processadores e sistemas computacionais em geral, com o objetivo de melhorar o desempenho e aumentar a velocidade do processamento de dados.

O monitor pode elucidar claramente um exemplo de funcionamento do DMA. Os dados a serem processados para que seja possível exibir uma imagem na tela de modo que não exista atraso.

Existe um dispositivo que é denominado DMAC, o qual trabalha em paralelo com a CPU. Esse dispositivo é o responsável pela leitura e gravação de todos os dados, permitindo que a CPU opere mais livre, interferindo minimamente no processo.

O dispositivo DMAC necessita ser previamente definido para funcionar corretamente e, para isso, deve definir o endereço da fonte (dispositivo de origem), a posição inicial de memória e a quantidade de *bytes*.

No caso da reprodução de um vídeo, a fonte pode ser o disco rígido; a posição de memória é indicada pelo sistema e a quantidade de *bytes* depende do tamanho do arquivo.



A partir da definição desses dados, o DMAC envia um pedido de interrupção à CPU, a qual permite ao DMAC assumir o controle de fluxo do dispositivo, no caso o disco rígido. Esse tráfego passa a ser gerenciado pelo DMAC; quando é encerrada a leitura, solicita uma nova interrupção para informar que a CPU já pode assumir o controle do fluxo de dados que foi cedido anteriormente. Ou seja, no caso do processamento de um vídeo, a CPU economiza tempo de processamento, tornando o processo mais rápido, o que garante a exibição em tempo real.



SAIBA MAIS

Para ampliar o seu conhecimento a respeito desse assunto, veja abaixo as sugestões do professor:

Dispositivos de entrada e saída

Este vídeo apresenta o funcionamento dos dispositivos de entrada e saída.

Conteúdo interativo disponível na plataforma de ensino!

Erro do dispositivo de E/S: veja como corrigir

Leia o seguinte artigo, o qual apresenta alguns erros comuns relacionados a dispositivos de E/S, além de apresentar soluções simples.

Conteúdo interativo disponível na plataforma de ensino!

Gerenciamento de entrada e saída

O seguinte artigo aborda a gerência dos dispositivos de E/S, assim como o tratamento de interrupções.

Conteúdo interativo disponível na plataforma de ensino!

